

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

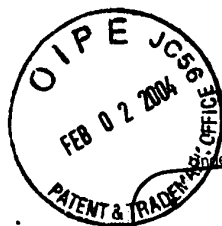
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PTO/SB/21 (01-03)
Approved for use through 04/30/2003. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

TRANSMITTAL FORM

(to be used for all correspondence after initial filing)

Application Number	10/706,492
Filing Date	November 12, 2003
First Named Inventor	Gao et al.
Art Unit	
Examiner Name	
Attorney Docket Number	MAIKP106US

Total Number of Pages in This Submission

ENCLOSURES (Check all that apply)

- ☐ Fee Transmittal Form
- ☐ Fee Attached
- ☐ Amendment/Reply
- ☐ After Final
- ☐ Affidavits/declaration(s)
- ☐ Extension of Time Request
- ☐ Express Abandonment Request
- ☐ Information Disclosure Statement
- ☒ Certified Copy of Priority Document(s)
- ☐ Response to Missing Parts/Incomplete Application
- ☐ Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53

- ☐ Drawing(s)
- ☐ Licensing-related Papers
- ☐ Petition
- ☐ Petition to Convert to a Provisional Application
- ☐ Power of Attorney, Revocation
- ☐ Change of Correspondence Address
- ☐ Terminal Disclaimer
- ☐ Request for Refund
- ☐ CD, Number of CD(s) _____

- ☐ After Allowance Communication to Group
- ☐ Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
- ☐ Appeal Communication to Group (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
- ☐ Proprietary Information
- ☐ Status Letter
- ☐ Other Enclosure(s) (please identify below):

Remarks

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT

Firm or Individual	Thomas G. Eschweiler, Eschweiler & Associates, LLC
Signature	National City Bank Building, 629 Euclid Avenue, Suite 1210 Cleveland, OH 44114
Date	January 26, 2004

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, DC 20231 on this date: January 26, 2004

Typed or printed	Christine Gillroy	Date	January 26, 2004
Signature	<i>Christine Gillroy</i>		

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Washington, DC 20231. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, Washington, DC 20231.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 53 440.3

Anmeldetag: 12. November 2002

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, München/DE

Bezeichnung: Planare optische Schaltung

IPC: G 02 B 6/12

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Kahle

Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung: Planare optische Schaltung.

- 5 Die Erfindung betrifft eine planare optische Schaltung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es ist bekannt, optische Komponenten monolithisch oder hybrid in eine planare optische Schaltung zu integrieren. Bei den
10 Komponenten handelt es sich beispielsweise um optische Phased Arrays (AWG-Arrayed Waveguide Grating), variable Abschwächereinheiten (VOA-Variable Optical Attenuator) und Leistungsüberwachungsvorrichtungen (PM-Power Monitor), über die die optische Leistung in einem Lichtwellenleiter der
15 planaren optischen Schaltung erfasst wird. Optische Phased Arrays werden insbesondere als Wellenlängenmultiplexer und -demultiplexer in WDM- (Wavelength Division Multiplex) und DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) basierten Übertragungsstrecken eingesetzt. Mittels variabler
20 Abschwächereinheiten ist es möglich, eine kanalabhängige Abschwächung der Pegel einzelner Datenkanäle eines Arrays vorzunehmen. Durch die kanalabhängige Schwächung können unterschiedliche Pegel der optischen Kanäle abgeglichen werden (Equalizing). Eine Leistungsüberwachung (Power
25 Monitoring) wird mit Fotodioden realisiert und dient der Überwachung der Signalleistungen in einzelnen Wellenleitern.

Ein ständig präsent Problem in planaren optischen Schaltungen ist die Existenz von unerwünschtem Streulicht.
30 Streulicht entsteht beispielsweise bei variablen Abschwächereinheiten, wie nachfolgend anhand der Figuren 9 und 10 erläutert wird. Eine Abschwächereinheit wird beispielsweise durch ein Mach-Zehnder-Interferometer 100
realisiert. Ein Mach-Zehnder-Interferometer 100 weist einen
35 Eingangswellenleiter 101 mit einer Eingangsleistung P_{in} , ein Eingangstor 102, einen ersten Arm 103, einen zweiten Arm 104, ein Ausgangstor 105 und einen Ausgangswellenleiter 106 mit

der Ausgangsleistung P_{aus} auf. Auf dem einen Arm 103 des Mach-Zehnder-Interferometers 100 befindet sich ein Heizelement 110. Durch Heizen des Heizelementes ändert sich die Temperatur in dem entsprechenden Arm 103 und dessen Brechungsindex. Hierdurch entsteht ein Phasenunterschied zwischen den Signalen der beide Armen 103, 104, was zu einer Änderung der Ausgangsleistung P_{aus} führt.

Sofern kein Phasenunterschied zwischen den beiden Armen 103, 104 besteht, erreicht die Ausgangsleistung P_{aus} ein Maximum, während die Ausgangsleistung P_{aus} bei einem Phasenunterschied von π minimal ist. Sobald ein Phasenunterschied zwischen den beiden Armen 103, 104 auftritt, wird dabei ein Teil des Lichts aus dem Lichtwellenleiter aus- bzw. gestrahlt. Die Ausstrahlung von Licht ist maximal bei einem Phasenunterschied von π .

Nun verhält es sich so, dass das ausgestrahlte Licht vom lichtführenden Substrat der planaren optischen Schaltung kaum absorbiert wird. Der größte Teil des Streulichts breitet sich vielmehr willkürlich im Substrat aus. Fig. 10 zeigt das Simulationsergebnis der Feldverteilung in einem Mach-Zehnder-Interferometer gemäß Figur 9, wobei der Phasenunterschied zwischen den beiden Armen 103, 104 π beträgt. Das Streulicht X breitet sich ausgehend vom Ausgangstor 105, also dem Einmündungsbereich der beiden Wellenlängenleiterarme 103, 104 im Wesentlichen kegelförmig aus. Die Intensität des Streulichts X ist dabei in der Nähe des Ausgangswellenleiters 106 am größten und fällt mit zunehmenden Abstand vom Ausgangswellenleiter 106 ab.

Das in Fig. 10 schematisch dargestellte Streulicht X stellt unter mehreren Gesichtspunkten ein Problem dar. Zum einen stört es die Funktion von Fotodioden, die in Aussparungen des Substrats montiert sind und beispielsweise eine Leistungsüberwachung der optischen Signale einzelner Wellenleiter vornehmen. Das Störsignal kann dabei das Niveau

des Nutzsignals erreichen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass das ausgesandte Streulicht in Nachbarkanäle einkoppeln kann und so ein unerwünschtes Nebensprechen erzeugt.

5

Der vorliegenden Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, eine planare optische Schaltung zur Verfügung zu stellen, bei der die mit der Entstehung von Streulicht entstehenden Nachteile reduziert werden.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine planare optische Schaltung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

15

Danach zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung dadurch aus, dass in die planare optische Schaltung Mittel integriert sind, die eine Ausbreitung von Streulicht in der planaren optischen Schaltung gezielt beeinflussen. Die Erfindung

20

beruht dabei auf dem Gedanken, die nachteiligen Wirkungen von Streulicht nicht etwa durch eine nachgeordnete

Signalbearbeitung zu reduzieren, sondern durch in der planaren optischen Schaltung selbst integrierte Mittel, die die Ausbreitung vorhandenen Streulichts beeinflussen, wobei

25

das Streulicht entweder aufgefangen, absorbiert, reflektiert oder auf einen engen Bereich konzentriert wird, so dass eventuelle Nachbarkanäle nicht gestört werden. Auch kann das Streulicht in Bereiche der planaren optischen Schaltung geleitet werden, wo es keine störende Wirkung entfaltet

30

und/oder definiert erfasst werden.

Das Beeinflussen der Ausbreitung des Streulichtes in der planaren optischen Schaltung kann beispielsweise die Form eines Auffangens und/oder Umlenkens des Streulichtes, eines Absorbierens oder eines Ableitens besitzen, wobei auch eine Kombination dieser Beeinflussungsmechanismen erfolgen kann.

35

Das sich in einer planaren optischen Schaltung ausbreitenden Streulicht breitet sich naturgemäß in der Ebene aus, in der die lichtführenden Strukturen ausgebildet sind. Die integrierten Mittel, die die Ausbreitung vorhandenen
5 Streulichts beeinflussen, sind ebenfalls zumindest teilweise in dieser Ebene ausgebildet.

Ein Auffangen und Umlenken von Streulicht erfolgt in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung durch einen
10 zusätzlichen Wellenleiter, dessen eines Ende in der Nähe einer Streulichtquelle der planaren optischen Schaltung angeordnet ist. Das Streulicht wird durch den Zusatzwellenleiter an seiner Quelle aufgefangen, durch den Zusatzwellenleiter umgelenkt und an dem der Streulichtquelle
15 abgewandten Ende des Zusatzwellenleiters beispielsweise seitlich aus der planaren optischen Schaltung herausgeführt, absorbiert oder in definierter Weise erfasst, wie noch erläutert werden wird.

20 Bevorzugt ist als Streulicht erzeugende optische Komponente mindestens ein Mach-Zehnder-Interferometer mit einem Eingangstor und einem Ausgangstor vorgesehen, wobei der Zusatzwellenleiter in der Nähe des Ausgangstors des Mach-Zehnder-Interferometers angeordnet ist. Bevorzugt ist im
5 Bereich des Ausgangstors zu beiden Seiten des Ausgangswellenleiters des Mach-Zehnder-Interferometers in symmetrischer Anordnung ein Zusatzwellenleiter angeordnet.

Der Zusatzwellenleiter kann geknickt oder S-förmig verlaufen.
30 Er weist beispielsweise einen ersten, geraden Bereich auf, über den Streulicht eingekoppelt wird und der bevorzugt im Wesentlichen parallel zu einem benachbarten Wellenleiter verläuft, sowie einen sich an den ersten geraden Bereich anschließenden S-förmigen Bereich, über den das eingekoppelte
35 Streulicht weggeführt wird.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das der Streulichtquelle entfernte Ende des Zusatzwellenleiters jeweils durch eine Fotodiode terminiert ist, so dass die Lichtleistung des Streulichts erfasst werden kann. Bevorzugt ist die Fotodiode jeweils mit einer Auswertereinheit verbunden ist, die über das detektierte Streulicht die optische Leistung des Signals am Ausgang der Streulicht erzeugenden optischen Komponente indirekt bestimmt. Hierdurch kann eine Überwachung der Leistung eines Wellenleiters ohne gesonderte Lichtauskopplung aus dem Wellenleiter erfolgen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Mittel zum Beeinflussen der Ausbreitung von Streulicht in der planaren optischen Schaltung durch eine Streulicht absorbierende Struktur gebildet, bei der es sich insbesondere um einen länglichen Graben oder eine andere Aussparung in der planaren optischen Schaltung handelt. Zwecks Absorption des Streulichtes ist der Graben dabei bevorzugt mit einer absorbierenden Substanz, beispielsweise eisenhaltigen Flüssigkeiten oder Polymeren mit Farbpigmenten gefüllt, die thermisch oder durch UV-Licht ausgehärtet werden können.

Statt absorbierender Strukturen können alternativ auch reflektierende Strukturen eingesetzt werden, die bevorzugt ebenfalls durch einen Graben in der planaren optischen Schaltung gebildet sind. Dabei sind die Gräben bevorzugt derart in Bezug auf eine Streulichtquelle angeordnet, dass das Streulicht an den Lichtgräben totalreflektiert wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind mehrere Gräben parallel zueinander angeordnet, wobei zwischen zwei Gräben jeweils ein Wellenleiter verläuft. Der Wellenleiter entspringt bevorzugt jeweils einer Streulicht aussendenden optischen Komponente, insbesondere einem Mach-Zehnder-Interferometer. Das abgestrahlte Streulicht wird durch die parallel verlaufenden Gräben jeweils daran gehindert wird, in

einen Nachbarwellenleiter einzukoppeln. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass dem Bereich zwischen zwei Gräben jeweils mindestens eine Streulicht detektierende Fotodiode zur Leistungsüberwachung zugeordnet ist.

5

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass reflektierende Strukturen an einer Aussparung in der planaren optischen Schaltung verwirklicht sind, die einen Wellenleiter der planaren Schaltung

10 terminiert und in der beispielsweise eine Fotodiode angeordnet ist. Eine solche Fotodiode dient beispielsweise der Leistungsüberwachung eines Kanals einer Vielzahl von Wellenlängenkanälen der planaren optischen Schaltung. Solche Aussparungen mit Fotodioden zur Leistungsüberwachung sind an
15 sich bekannt. Ein Problem besteht jedoch darin, dass der Querschnitt der Fotodioden im Bereich von einigen hundert μm liegt. Der Querschnitt eines einzelnen Wellenleiters beträgt jedoch in der Regel nur wenige μm , typischerweise $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$. Dies führt dazu, dass eine Fotodiode nicht nur das optische

20 Signal aus dem Wellenleiterquerschnitt, sondern auch Streulicht im Bereich des Wellenleiter detektiert. Durch Ausbildung einer reflektierenden Struktur an der Aussparung wird sichergestellt, dass Streulicht von der Aussparung weg reflektiert wird und dementsprechend nicht die Fotodiode
25 erreicht. Hierzu ist bevorzugt vorgesehen, dass die Aussparung sich in Richtung des Wellenleiters symmetrisch verjüngt und dabei insbesondere zwei schräg aufeinander zulaufende Seitenwände aufweist.

30 Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Mach-Zehnder-Interferometer mit
35 zwei Zusatzwellenleitern zum Auffangen und Ableiten von Streulicht,

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines Mach-Zehnder-Interferometers mit zwei Zusatzwellenleitern, wobei die Zusatzwellenleiter S-förmig ausgebildet sind,

5 Fig. 3 ein Mach-Zehnder-Interferometers mit zwei Zusatzwellenleitern, wobei schematisch die Feldverteilung im Bereich der Zusatzwellenleiter dargestellt ist,

10 Fig. 4 die relative Streulichtintensität in Abhängigkeit des Abstandes vom Ausgangswellenleiter zum einen bei Verwendung von Zusatzwellenleitern zur Streulichtreduktion und zum anderen ohne die Verwendung solcher Zusatzwellenleiter,

15

Fig. 5 ein Array von Mach-Zehnder-Interferometern und Wellenleitern, bei dem die einzelnen Wellenleiter jeweils durch absorbierende Gräben hinsichtlich Streulicht gegeneinander isoliert sind,

20

Fig. 6 ein Array von Mach-Zehnder-Interferometern und Wellenleitern, wobei die einzelnen Wellenleiter jeweils durch reflektierende Gräben hinsichtlich Streulicht gegeneinander isoliert sind,

25

Fig. 7 in Draufsicht einen Ausschnitt aus einem planaren optischen Schaltkreis, bei dem ein einer Leistungsüberwachung dienender Wellenleiter in einem Graben mit Streulicht reflektierenden Seitenflächen terminiert wird,

30

Fig. 8 eine Querschnittsansicht eines integriert optischen Chips, wobei Fotodioden auf einen Submount angeordnet sind und dieser über Kopf auf den integriert optischen Chip aufgesetzt ist,

35

Fig. 9 ein aus dem Stand der Technik bekanntes Mach-Zehnder-Interferometer und

5 Fig. 10 ein Mach-Zehnder-Interferometer mit einer Darstellung des im Ausgangsbereich entstehenden Streulichts.

Die Fig. 1 zeigt ein Mach-Zehnder-Interferometer, wie es eingangs anhand der Fig. 9 an sich bereits beschrieben wurde.

10 Im Bereich des Ausgangstors 105 des Mach-Zehnder-Interferometer 100 sind zwei Zusatzwellenleiter 1, 2 im planaren optischen Substrat ausgebildet. Die beiden Zusatzwellenleiter 1, 2 sind symmetrisch zu dem Ausgangswellenleiter 106 des Mach-Zehnder-Interferometer
 15 angeordnet. Sie weisen jeweils einen ersten, geraden Abschnitt 1a, 2a auf, der im Wesentlichen parallel zum Ausgangswellenleiter 106 verläuft und dessen Ende in der Nähe der Streulichtquelle, dass heißt in der Nähe des Ausgangstores 105 liegt, in dem die Lichtsignale der beiden
 20 Wellenleiterarme 103, 104 zusammenlaufen. An den ersten, geraden Bereich 1a, 2a schließt sich ein abgewinkelter Bereich 1b, 2b an, über den in den Zusatzwellenleiter 1, 2 eingekoppeltes Streulicht vom Ausgangswellenleiter 106 weggeführt wird. Der abgewinkelte Bereich 1b, 2b leitet das
 5 Streulicht beispielsweise zu einer Randfläche der planaren optischen Schaltung oder in einen Bereich, in dem es absorbiert wird.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird das durch die
 30 Zusatzwellenleiter 1, 2 erfasste Streulicht jeweils einer Fotodiode 31, 32 zugeführt, die den jeweiligen Zusatzlichtwellenleiter 1, 2 terminiert. Das Fotodiodensignal erfasst dabei das Streulicht X. Da dieses sich zum optischen Signal des Ausgangswellenleiters P_{aus} und des
 35 Eingangswellenleiters P_{in} näherungsweise gemäß der Formel:

$$P_{\text{aus}} = P_{\text{in}} - 2X$$
 verhält, kann bei Kenntnis der Größe P_{in} aus dem erfassten Streulichtsignal die Leistung P_{aus} im

Ausgangswellenleiter 106 und damit auch der Grad der erfolgten Abschwächung bestimmt werden. Eine entsprechende Auswertung erfolgt durch eine schematisch dargestellte Auswertereinheit 4, die mit den beiden Photodioden 31, 32 verbunden ist. Man kann mit einer solchen Anordnung also über das erfasste und abgeleitete Streulicht indirekt die optische Leistung im Ausgangswellenleiter 106 bestimmen. Auf eine gesonderte Anordnung zur Überwachung der optischen Leistung der einzelnen Wellenleiterkanäle kann dann vorteilhaft verzichtet werden.

Auch kann vorgesehen sein, dass die Auswertereinheit 4 Teil einer Regelschleife ist, die die Heizleistung des Heizelements 110 auf einen gewünschten Wert, d.h. eine gewünschte Signalabschwächung und Ausgangsleistung P_{aus} einstellt.

Die Fig. 2 zeigt eine konkrete Ausgestaltung der in Fig. 1 dargestellten Anordnung. In der Nähe des Ausgangstors 105 des Mach-Zehnder-Interferometers befinden sich wiederum zwei Wellenleiter 1', 2', die jeweils aus einem geraden Teil 1a', 2a' und einem S-förmigen Teil 1b', 2b' bestehen. Das Streulicht wird von den geraden Teilen 1a', 2a' aufgefangen und durch die S-förmigen Teile 1b', 2b' zu einer definierten Stelle geführt. Die Breite der beiden Zusatzwellenleiter 1', 2' beträgt beispielsweise 20 μm , die Länge des geraden Teils 1a', 2a' beispielsweise 200 μm und der Abstand d zwischen dem geraden Teil 1a', 2a' des Zusatzwellenleiters und dem Ausgangswellenleiter 106 des Mach-Zehnder-Interferometers 100 beispielsweise 7 μm . Der Abstand d ist dabei derart groß gewählt, dass weitgehend verhindert wird, dass in dem Ausgangswellenleiter 106 geführtes Licht in den Zusatzwellenleiter 1', 2' auskoppelt.

Die Fig. 3 zeigt das Ergebnis einer Simulation der Feldverteilung in einer Struktur mit zwei Zusatzwellenleitern 1, 2 entsprechend den Fig. 1 und 2. Dabei sind auch die

beiden Zusatzwellenleiter 1, 2 dargestellt. Die Parameter sind die gleichen wie die der Simulation der eingangs erläuterten Fig. 10. Es ist deutlich zu erkennen, dass das Streulicht X sich in der Nähe der Zusatzwellenleiter 1, 2 konzentriert. An anderen Stellen ist die Feldstärke des Streulichts X stark reduziert.

Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in den Kurven der Fig. 4 wieder, die die relative Intensität des Streulichts in

Abhängigkeit vom Abstand zum Ausgangswellenleiter eines normalen Mach-Zehnder-Interferometers und eines Mach-Zehnder-Interferometers mit zwei Zusatzwellenleitern darstellen. Die etwas dicker gezeichnete Kurve 41 zeigt die Streulicht-Feldverteilung bei einem Mach-Zehnder-Interferometer ohne Zusatzwellenleiter. Das Streulicht ist benachbart dem Ausgangswellenleiter 106 maximal und nimmt mit zunehmendem Abstand Y vom Ausgangswellenleiter stetig ab. Die etwas dünner gezeichnete Kurve 42 gibt die relative Streulicht-Intensität bei Verwendung eines Mach-Zehnder-Interferometers mit zwei Zusatzwellenleitern an. Durch die Zusatzwellenleiter lässt sich die Intensität des Streulichts in der Nähe des Ausgangswellenleiters 106 um -30 dBm, dass heißt den Faktor 1000 reduzieren. Der von sich abwechselnden Maxima- und Minima geprägte jeweils seitliche Bereich entspricht der Position des jeweiligen Zusatzwellenleiters. Das Streulicht wird somit erfolgreich im Bereich der Zusatzwellenleiter konzentriert und kann durch diese aufgefangen und abgeleitet werden.

Zusätzlich wurde der Einfluss der beiden Zusatzwellenleiter auf den optischen Verlust des Mach-Zehnder-Interferometers bei der Nullabschwächung berechnet. Der Zusatzverlust aufgrund einer zusätzlichen Auskoppelung von Licht in den Zusatzwellenleiter beträgt lediglich 0,1 dB.

In Fig. 5 ist ein Mehrkanalabschwächer bestehend aus einem Array von Mach-Zehnder-Interferometern 100 dargestellt. Es

besteht das Problem, dass jeder Abschwächer 100 bei seiner Aktivierung einen Streulichtkegel ausstrahlt, wie anhand der Fig. 9 und 10 eingangs erläutert. Bei einem Array von Abschwächern 100 besteht dabei das besondere Problem, dass
5 das Streulicht eines Kanals in einen Nachbarkanal einkoppeln und so ein unerwünschtes Nebensprechen erzeugen kann.

Des Weiteren ist daran zu denken, wie anhand der Fig. 1 erläutert, den Streulichtkegel eines jeden Kanals auch zur
10 Leistungsüberwachung zu nutzen, indem mit einer integrierten Fotodiode 3 im Streulichtkegel eines jeden Kanals indirekt die optische Ausgangsleistung des Abschwächers gemessen wird. Dies ist jedoch nur sinnvoll möglich, wenn das Streulicht der Nachbarkanäle die Fotodiode 3 jeweils nicht erreicht.

15 Zur Isolation der einzelnen Ausgangswellenleiter 106 bzw. Wellenlängenkanäle bezüglich ihres Streulichtes gemäß Figur 5 ist vorgesehen, dass in die Wellenleiterschicht Gräben 5 eingebracht sind. Die Gräben 5 lassen sich zum Beispiel
20 mittels Ätztechnik in die Wellenleiterschicht einbringen. Die Gräben unterbinden die ungestörte Ausbreitung des Streulichtes und führen zu einer gewünschten Isolation der einzelnen Wellenleiterkanäle 106 hinsichtlich des jeweils entstehenden Streulichtes.

25 Dieser Effekt wird verstärkt, wenn, wie es bevorzugt vorgesehen ist, Licht absorbierende Substanzen 6 in die Gräben eingefüllt sind. Bei den Licht absorbierenden Substanzen 6 handelt es sich beispielsweise um eisenhaltige
30 Flüssigkeiten oder Polymere mit Farbpigmenten, die thermisch oder durch UV-Licht ausgehärtet werden können, so dass sie leicht in die Gräben 5 einbringbar sind. Auf diese Weise sind die einzelnen Gräben 5 ideal zueinander isoliert, so dass ein streulichtbedingtes Nebensprechen unterbunden ist und wie
35 dargestellt sogar Fotodioden 3 optional in die einzelnen örtlich konzentrierten Streulichtbereiche eines jeden Abschwächers 100 integriert werden können.

Es wird dabei hingewiesen, dass bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 grundsätzlich auch zusätzlich Zusatzwellenleiter gemäß den Fig. 1-3 verwendet werden können. Bei einer
5 geeigneten Anordnung der Fotodiode 3 ist dies jedoch nicht unbedingt notwendig.

Es wird weiter darauf hingewiesen, dass bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 auf jeder Seite eines
10 Ausgangswellenleiters 106 jeweils nur eine Fotodiode 3 angeordnet ist. Da das Streulicht auf beiden Seiten eines Ausgangswellenleiters 106, das heißt jeweils zwischen
Ausgangswellenleiter 106 und zugehörigem Graben 5 im Wesentlichen die gleiche Intensität aufweist, ergibt sich die
15 Gesamtleistung des Streulichts eines Mach-Zehnder-Interferometers 100 näherungsweise durch Multiplikation der von der Fotodiode 3 erfassten Leistung mit dem Faktor 2.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 6 entspricht im Wesentlichen dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die die Wellenleiterschicht unterbrechenden Gräben 5 beim Ausführungsbeispiel der Fig. 6 nicht mit einer absorbierenden Substanz gefüllt sind.
Anstelle einer Absorption wird vielmehr der Effekt der
25 Totalreflektion zur Isolation der einzelnen Bereiche genutzt.

Beispielsweise ist der planare optische Schaltkreis in SiO_2 auf Si-Technologie ausgeführt. Zur Herstellung werden in an sich bekannter Weise auf einem Siliziumwafer drei SiO_2 -
30 Schichten aufgebracht, die üblicherweise Pufferschicht, Kernschicht und Deckschicht genannt werden und jeweils verschiedene Brechungsindizes aufweisen. Die mittlere Kernschicht weist dabei den größten Brechungsindex auf. Bevor diese mit der äußeren Deckschicht abgedeckt wird, wird sie
35 mit Hilfe einer fotolithografisch hergestellten Maske und eines Ätzverfahrens strukturiert, so dass nur einzelne Rippen dieser Schicht stehen bleiben. Diese Rippen werden mit der

Deckschicht überschichtet und bilden dann den Licht führenden Wellenleiterkern, welcher sich etwa 20 μm vergraben in einem ca. 40 μm dicken SiO_2 -Schichtsystem befindet und üblicherweise einen Querschnitt von ca. 6 x 6 μm aufweist.

5

Die Gräben 5 unterbrechen zumindest das SiO_2 -Schichtsystem, in dem sich das Streulicht ausbreitet, können sich grundsätzlich aber auch in das Silizium-Substrat erstrecken.

10

Ätzt man nun die Gräben 5 in die SiO_2 basierende Wellenleiterschicht und füllt diese mit Luft, so ergibt sich ein natürlicher Brechungsindexkontrast von $>0,44$. Für den Winkel α der Totalreflektion beim Übergang von Gas zu Luft gilt: $\sin \alpha > 1/n_{\text{Glas}}$. Für $n_{\text{Glas}} = 1,444$ ergibt sich ein Winkel von $>43,83^\circ$. Mit anderen Worten wird sämtliches Streulicht, welches in einem Einfallswinkel größer als $43,83^\circ$ auf einen Graben 5 fällt, vollständig reflektiert.

15

Die Gräben 5 sind nun derart zwischen den als Mach-Zehnder-Interferometern 100 ausgebildeten Abschwächern angeordnet, dass die Bedingung der Totalreflektion erfüllt ist und sich das Streulicht dementsprechend hinter den Abschwächern 100 kanalisieren lässt. Dies ermöglicht wiederum eine Detektion des Streulichts über integrierte Fotodioden 3, um indirekt die Leistung im Ausgangswellenleiter 106 zu bestimmen.

20

25

In Fig. 7 ist eine weitere Ausbildung des Konzeptes dargestellt, Mittel zur Beeinflussung der Ausbreitung von Streulicht in einer planaren optischen Schaltung durch in die planare optische Schaltung integrierte Mittel zu beeinflussen.

30

Fig. 7 zeigt einen Wellenleiter bzw. Hauptkanal 300, dessen Lichtleistung messtechnisch überwacht werden soll. Mittels eines Kopplers 310 wird ein bestimmter Anteil des optischen Signals aus dem Hauptkanal 300 ausgekoppelt und über einen Überwachungswellenleiter 320 zu einer in einem Graben 340

35

angeordneten Fotodiode geleitet. Üblicherweise werden 3 % des optischen Signals des Hauptkanals 300 aus dem Hauptkanal ausgekoppelt und zwecks Leistungsüberwachung einer Fotodiode zugeführt. Der Graben 340 terminiert den

5 Überwachungswellenleiter 320. Die Fotodiode ist in Fig. 7 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

Ein Problem bei herkömmlichen Leistungsüberwachungsvorrichtungen besteht darin, dass der

10 Querschnitt üblicher Fotodioden im Bereich von einigen hundert μm liegt. Der Querschnitt des Wellenleiters 320 beträgt jedoch nur wenige μm , üblicherweise $6 \times 6 \mu\text{m}$. Dies führt dazu, dass die Fotodiode nicht nur das optische Signal aus dem Wellenleiterquerschnitt, sondern auch Streulicht im

15 Bereich des Wellenleiters detektiert. Dabei ist zu beachten, dass das zu detektierende Signal mit einem Anteil von 3 % des Hauptsignals sehr gering ist und mit Streulicht aus jeglichen Quellen konkurriert. Insbesondere geht auch von einfachen geraden oder gekrümmten Wellenleitern Streulicht aus.

20 Um einen Teil des Streulichts von der Fotodiode fernzuhalten, wird der Graben 340 so gestaltet, dass ein großer Teil des Streulichts über Totalreflektion vom Graben 340 und von der Fotodiode weg reflektiert wird. Hierzu ist vorgesehen, dass

25 der Graben 340 an seinem dem Überwachungswellenleiter 320 zugewandten Bereich, also seinem Eingangsbereich mit totalreflektierenden Schrägen 330 versehen ist. Zur Fotodiode gelangt dementsprechend nur noch das durch den Koppler 310 ausgekoppelte zu detektierende Signal und in kleinem Maße

30 Streulicht, welches den Überwachungswellenleiter 320 unmittelbar umgibt. Der Anteil von Streulicht an dem detektierten Signal nimmt dadurch erheblich ab.

Fig. 8 zeigt beispielhaft die Anordnung von Fotodioden in

35 Gräben entsprechend den Gräben 340 der Fig. 7 an einem konkreten Ausführungsbeispiel. Dabei sind mehrere Fotodioden 410, 411 in zwei Reihen angeordnet auf einem Submount 420

montiert und über diesen elektrisch kontaktiert. Der Submount 420 mit den Fotodioden 410,, 411 wird über Kopf auf einen integriert optischen Chip bzw. planaren optischen Schaltkreis mit einem Si-Trägersubstrat 510 und einem die wellenleitenden Strukturen aufweisenden SiO₂-Schichtsystem 520 über Kopf (upside down) montiert. Die Fotodioden 410, 411 werden dabei jeweils in Gräben 340 entsprechend den Gräben der Fig. 7 versenkt. Über einen Lichtwellenleiter 530 auf eine Fotodiode 410 mit einer angeschrägten Facette fallendes Licht wird von der Fotodiode 410 detektiert. Die Gräben 340 sind im Eingangsbereich mit totalreflektierenden Schrägen entsprechend der Darstellung der Fig. 7 versehen. Dies ist in der Schnittdarstellung der Fig. 8 allerdings nicht erkennbar.

Die Fotodioden 410, 411 sind in zwei oder auch mehr Reihen angeordnet, da die einzelnen Gräben 340 zu groß sind, um alle nebeneinander angeordnet werden zu können.

Der Montageabstand zwischen dem integriert optischen Chip 500 und dem Submount 420 sowie die elektrischen Verbindung hierzwischen werden über Lötbumps 430 hergestellt.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend dargestellten Ausführungsbeispiele. Beispielsweise kann eine Licht absorbierende oder Licht führende Struktur auch in anderer Weise als durch Gräben verwirklicht sein, beispielsweise durch in das wellenleitende Substrat eingebrachte Fremdatome, die eine Lichtabsorption erhöhen oder aufgrund eines veränderten Brechungsindex einer Lichtreflektion bereitstellen.

Patentansprüche

1. Planare optische Schaltung mit einer Wellenleiterstruktur und mindestens einer monolithisch oder hybrid
5 integrierten optischen Komponente,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass in die planare optische Schaltung Mittel (1, 2; 1', 2'; 5, 6, 330) integriert sind, die die Ausbreitung von Streulicht (X) in der planaren optischen Schaltung gezielt beeinflussen.

2. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch
15 gekennzeichnet, dass die integrierten Mittel (1, 2; 1', 2'; 5, 6, 330) Streulicht gezielt auffangen und/oder umlenken und/oder ableiten und/oder absorbieren.

3. Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die Mittel durch mindestens einen Zusatzwellenleiter (1, 2; 1', 2') gebildet sind, dessen eines Ende in der Nähe einer Streulichtquelle (105) angeordnet ist.

4. Schaltung nach Anspruch 3, wobei die Schaltung als
25 optische Komponente mindestens ein Mach-Zehnder-Interferometer (100) mit einem Eingangstor (102) und einem Ausgangstor (105) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzwellenleiter (1, 2; 1', 2') in der Nähe des Ausgangstors (105) des Mach-Zehnder-Interferometers angeordnet ist.
30

5. Schaltung nach Anspruch 4, dadurch
35 gekennzeichnet, dass im Bereich des Ausgangstors (105) zu beiden Seiten des Ausgangswellenleiters (106) des Mach-Zehnder-Interferometers in symmetrischer

Anordnung ein Zusatzwellenleiter (1, 2; 1', 2') angeordnet ist.

- 5 6. Schaltung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzwellenleiter (1, 2; 1', 2') geknickt oder S-förmig verläuft.
- 10 7. Schaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzwellenleiter (1', 2') einen ersten, geraden Bereich (1a', 1b') aufweist, der bevorzugt im Wesentlichen parallel zu einem benachbarten Wellenleiter (106) verläuft, und einen sich an den ersten geraden Bereich anschließenden S-förmigen Bereich (1b', 2b').
15
- 20 8. Schaltung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das andere Ende des Zusatzwellenleiters (1, 2; 1', 2') jeweils durch eine Fotodiode (31, 32) terminiert ist.
9. Schaltung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Fotodiode (31, 32) jeweils mit einer Auswertereinheit (4) verbunden ist, die über das detektierte Streulicht die optische Leistung des Signals am Ausgang der Streulicht erzeugenden optischen Komponente (100) indirekt bestimmt.
25
- 30 10. Schaltung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die integrierten Mittel zur gezielten Beeinflussung von Streulicht durch mindestens eine Streulicht absorbierende Struktur (5, 6) der planaren optischen Schaltung gebildet sind.
- 35 11. Schaltung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Streulicht absorbierende Struktur durch einen Graben (5) in der planaren optischen

Schaltung gebildet ist, der mit einer absorbierenden Substanz (6) gefüllt ist.

- 5 12. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die integrierten Mittel zur gezielten Beeinflussung von Streulicht durch mindestens eine Streulicht reflektierende Struktur (5) der planaren optischen Schaltung gebildet sind.
- 10 13. Schaltung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Streulicht reflektierende Struktur durch einen Graben (5) in der planaren optischen Schaltung gebildet ist.
- 15 14. Schaltung nach Anspruch 11 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Gräben (5) parallel zueinander angeordnet sind, wobei zwischen zwei Gräben (5) jeweils ein Wellenleiter (106) verläuft.
- 20 15. Schaltung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (106) jeweils einer Streulicht aussendenden optischen Komponente (100), insbesondere einem Mach-Zehnder-Interferometer entspringt, wobei das abgestrahlte Licht durch die parallel verlaufenden Gräben (5) jeweils daran gehindert wird, in einen Nachbarwellenleiter (106) einzukoppeln.
- 30 16. Schaltung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass dem Bereich zwischen zwei Gräben (5) jeweils mindestens eine Streulicht detektierende Fotodiode (3) zugeordnet ist.
- 35 17. Schaltung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Fotodiode (3) jeweils mit einer Auswertereinheit verbunden ist, die über das detektierte Streulicht die optische Leistung am Ausgang

einer Streulicht aussendenden optischen Komponente (100) bestimmt.

5 18. Schaltung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Streulicht reflektierende Struktur (330) an einer Aussparung (340) in der planaren optischen Schaltung verwirklicht ist, die einen Wellenleiter (320) terminiert und in der eine Fotodiode (410, 411) anordbar ist.

10

19. Schaltung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung (340) sich in Richtung des durch die Aussparung terminierten Wellenleiters (320) symmetrisch verjüngt, insbesondere zwei aufeinander zulaufende Seitenwände (330) aufweist, an denen aus der planaren optischen Schaltung auftreffendes Streulicht von der Aussparung (340) weg reflektiert wird.

15

20 20. Schaltung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Fotodiode (410, 411) auf einem Submount (420) vormontiert ist, der über Kopf auf die planare optische Schaltung (500) aufsetzbar ist.

25

Zusammenfassung

Bezeichnung der Erfindung: Planare optische Schaltung.

5 Die Erfindung betrifft einer planare optische Schaltung mit einer Wellenleiterstruktur und mindestens einer monolithisch oder hybrid integrierten optischen Komponente.

Erfindungsgemäß sind in die planare optische Schaltung Mittel
10 (1, 2) integriert sind, die die Ausbreitung von Streulicht in der planaren optischen Schaltung gezielt beeinflussen. Die nachteiligen Wirkungen von Streulicht werden durch die Erfindung reduziert, indem Streulicht durch die integrierten Strukturen aufgefangen, absorbiert, reflektiert oder auf einen engen Bereich konzentriert wird.

15

(Fig. 1)

FIG 1

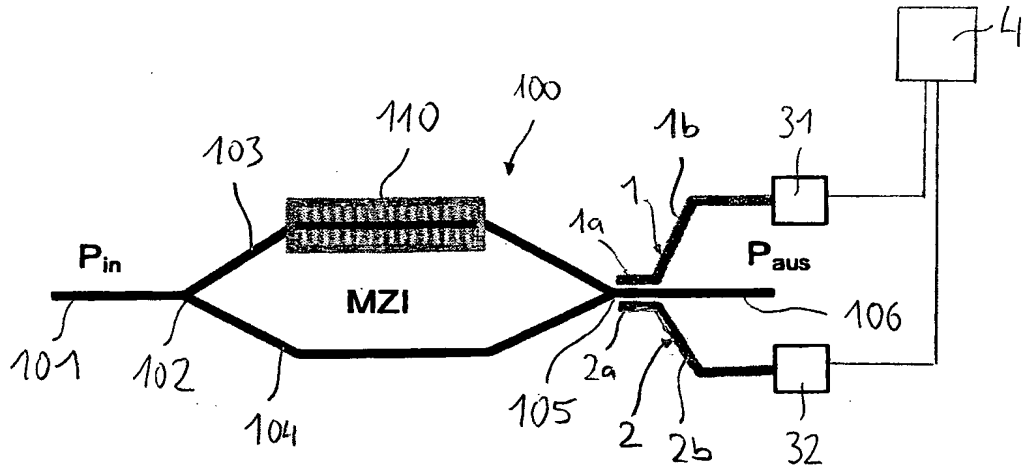


FIG 2

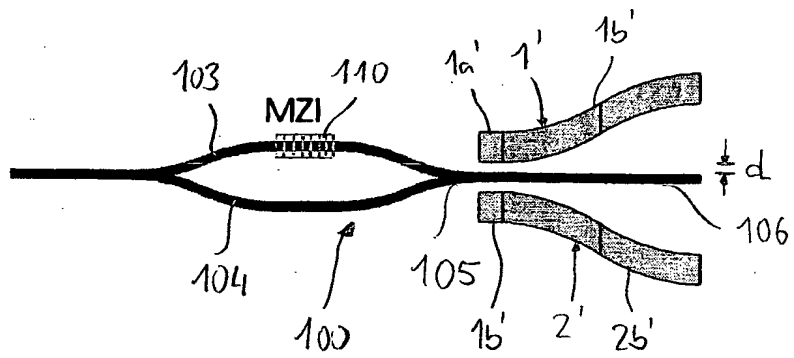


FIG 3

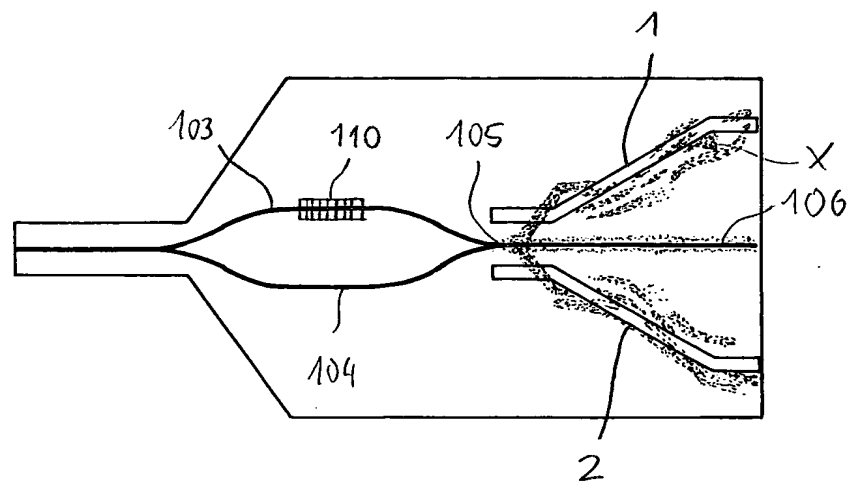


FIG 4

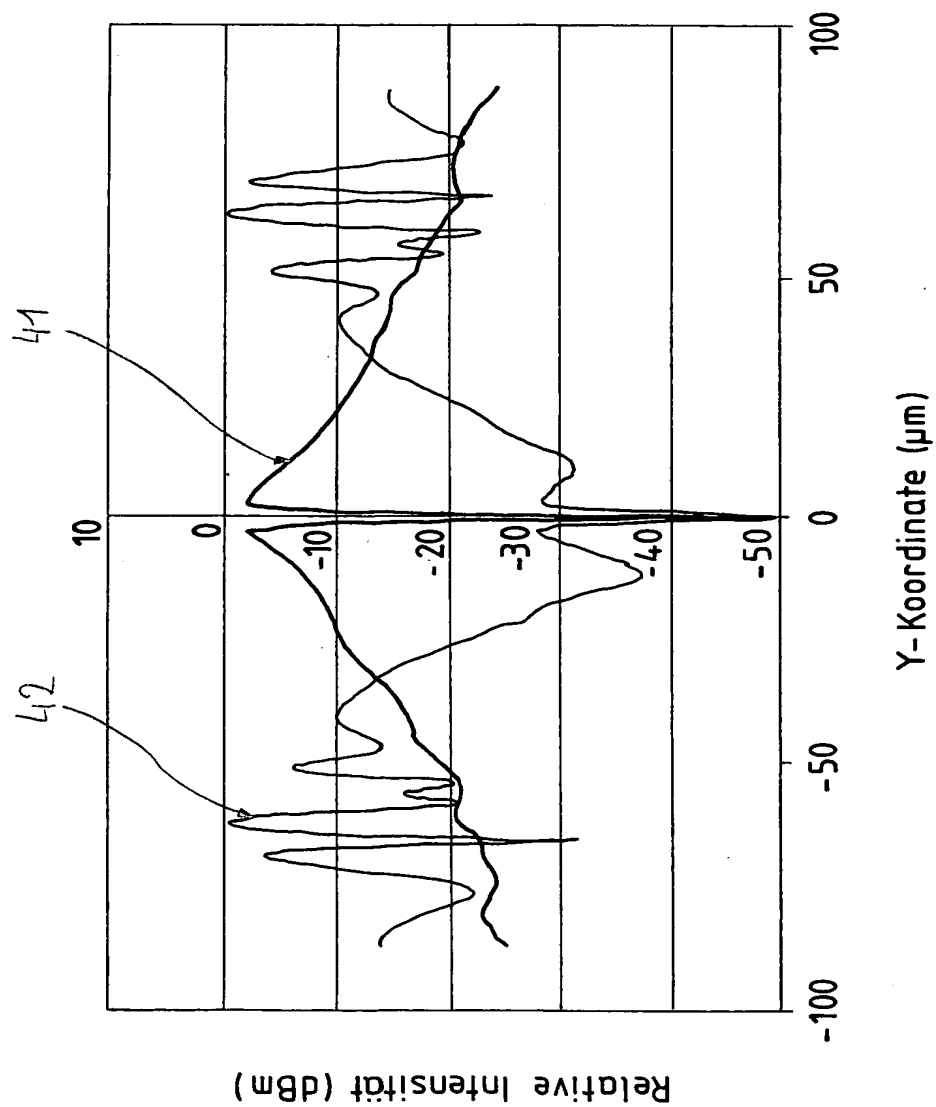


FIG 5

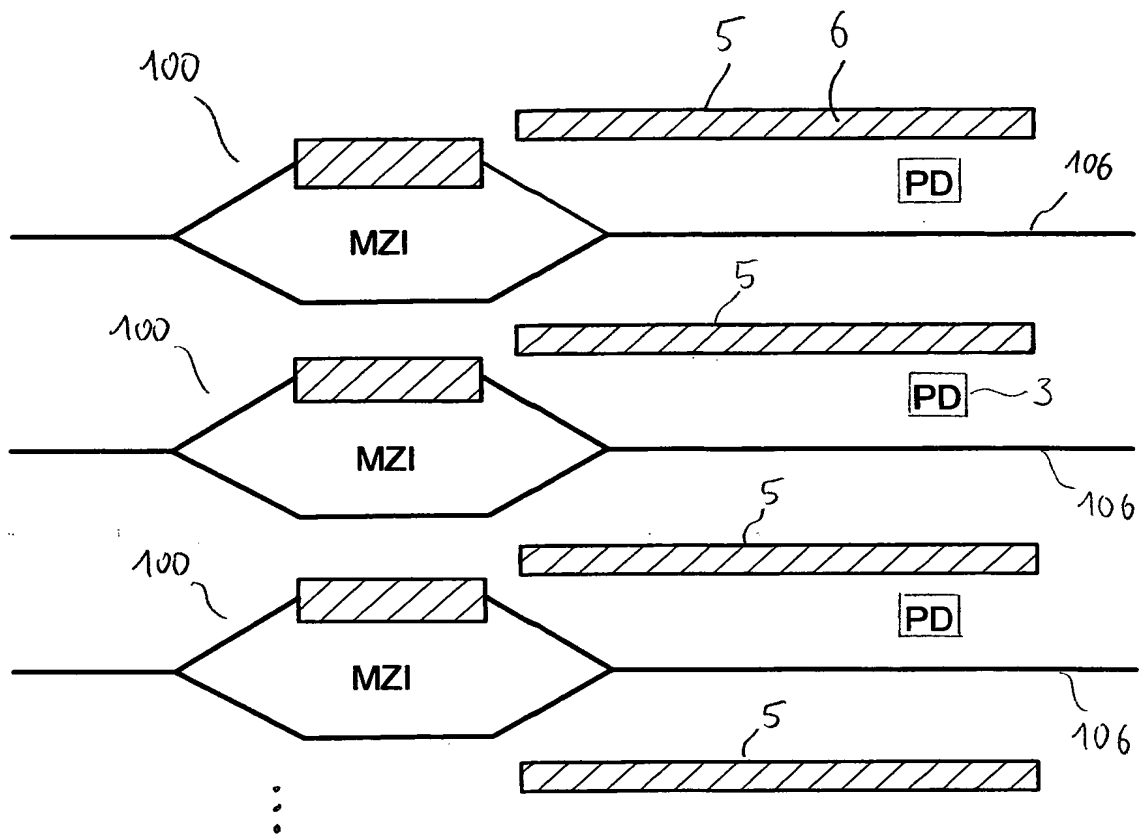


FIG 6

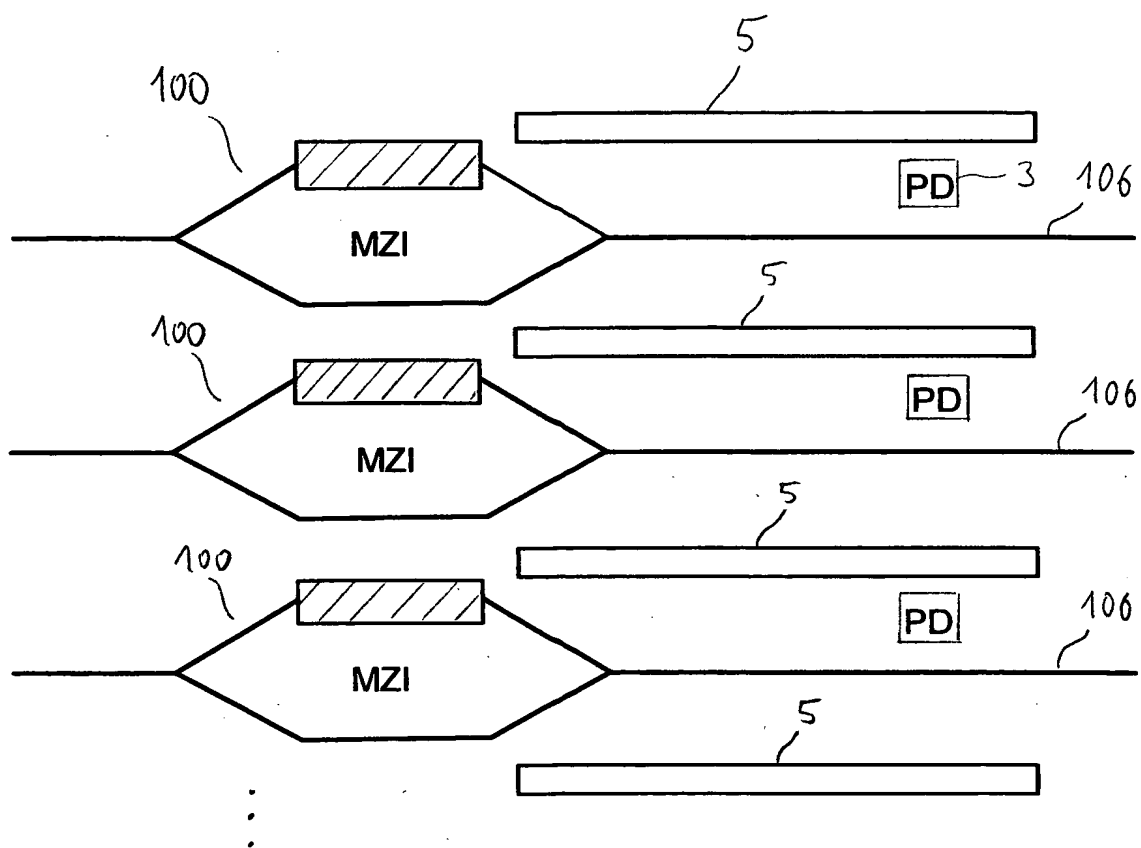


FIG 7

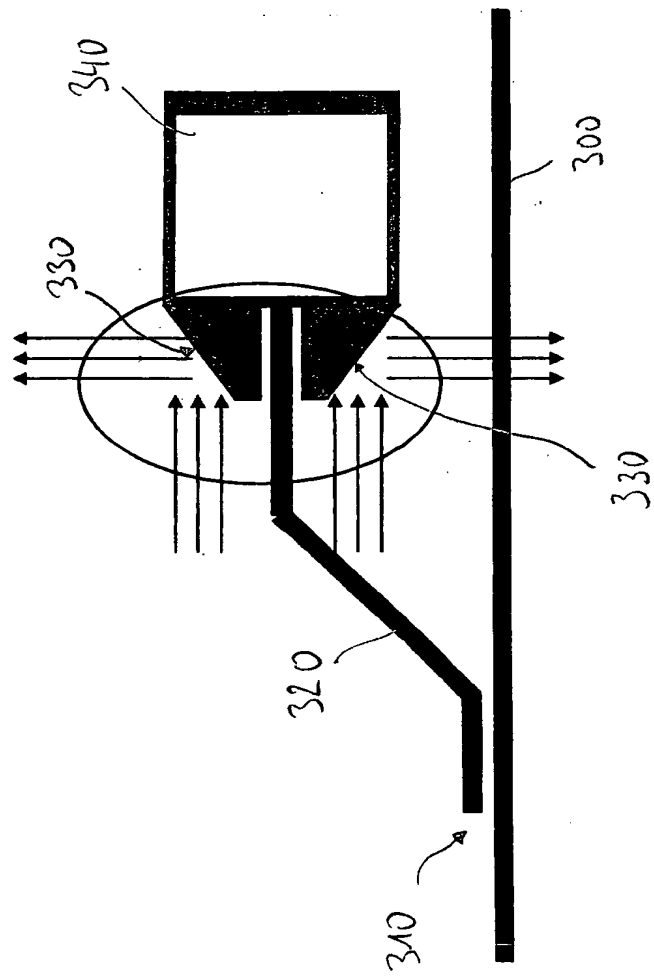


FIG 8

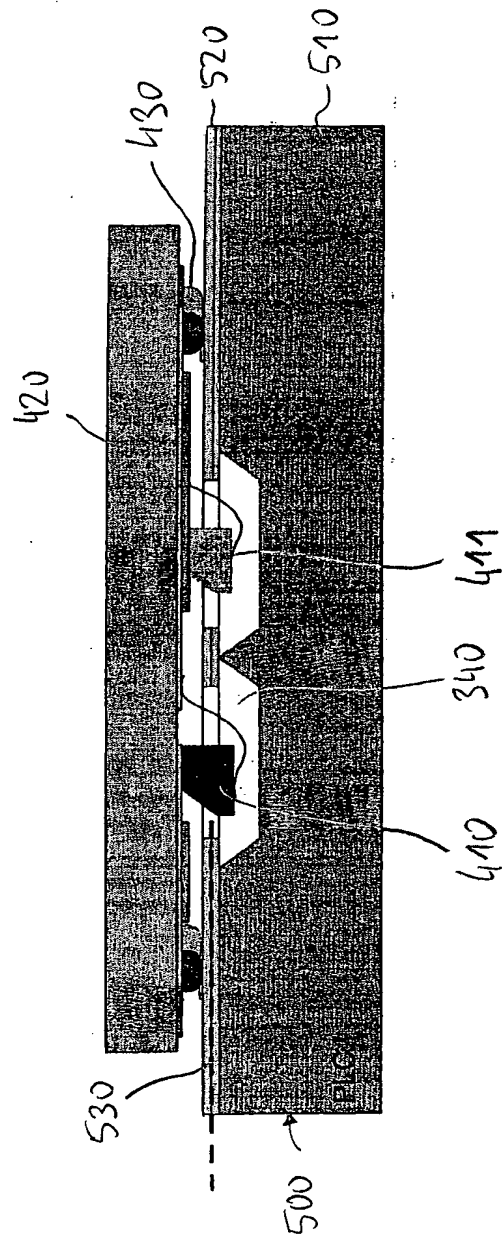


FIG 9

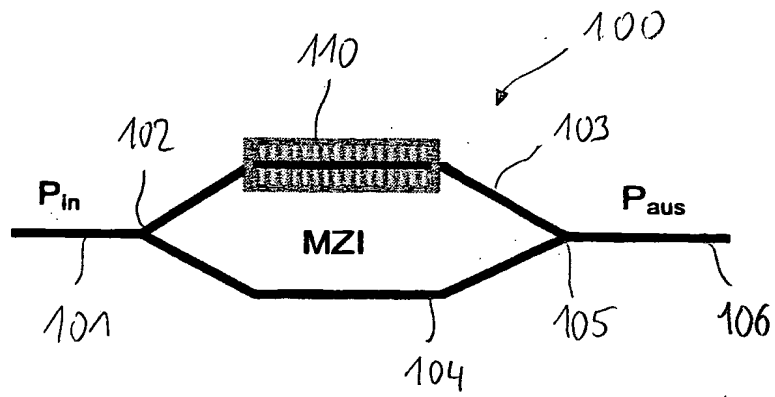


FIG 10

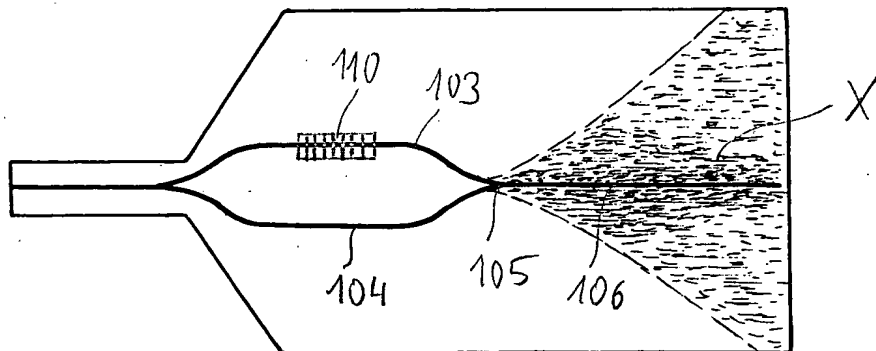


FIG 1

